ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 AOUT 1921.

PRÉSIDENCE DE M. Léon GUIGNARD.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur le groupe quaternaire primitif de collinéations d'ordre* 25920 *et le groupe hessien*. Note [1] de M. **de Séguier**, présentée par M. Appell.

1. Les travaux de MM. Witting, Maschke et Burkhardt sur le groupe quaternaire primitif de collinéations d'ordre 25920 [2] laissent ouverte la question d'établir l'existence de ce groupe indépendamment de la théorie des fonctions hyperelliptiques.

Tandis que M. Potron y arrivait en poursuivant les recherches géométriques de M. Witting [3], j'ai remarqué que l'existence de ce groupe dans tout champ algébrique ou galoisien C contenant une racine cubique $\varepsilon(\neq 1)$ de l'unité résulte presque immédiatement des équations du groupe hermitien $\mathcal{H}(n, \pi)$ que j'ai obtenues dans un Mémoire précédent [4]. Soient, en effet, x, y, z, t des variables homogènes de C, et faisons correspondre les substitutions (on verra tout à l'heure comment on y est conduit, et pourquoi elles sont écrites sous cette forme) :

$$\tau'_1 = |-y, -z, -z, t|, \qquad \tau'_2 = |x, -y, -t, -z|,$$

$$u'_{11} = |-\varepsilon y, -\varepsilon^2 x, -z, t|, \qquad u'_{21} = |x, -y, -\varepsilon t, -\varepsilon^2 z|,$$

$$V'_{12\varepsilon^s} = \left| \begin{array}{l} \sigma(-x-\varepsilon^{s+1}z+\varepsilon^s t) \\ \sigma(-y-\varepsilon^s z-\varepsilon^{s-1}t) \\ \sigma(-\varepsilon^{2-s}x-\varepsilon^{-s}y+z) \\ \sigma(\varepsilon^{-s}x-\varepsilon^{1-s}y+t) \end{array} \right| \qquad \left(\sigma = \frac{1}{\varepsilon-\varepsilon^2}\right),$$

---

(1) Séance du 1er août 1921.

(2) Voir Burkhardt, *M. A.*, t. 41, 1892. Cf. Blichfeldt, *M. A.*, t. 60, 1905, p. 228-229.

(3) Voir *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 346.

(4) *J. M.*, 1919. Je me servirai ici des mêmes notations.

de C aux substitutions respectives τ_1, τ_2, u_{11}, u_{21}, $V_{12\varepsilon^s}$ (ε étant une racine de $\varepsilon^2+\varepsilon=1$ dans le champ $\mathfrak{S}'$ d'ordre 4) de $\mathcal{H}(4, 2)$. On voit directement que τ'_1, ... vérifient les mêmes équations que les substitutions τ_1, ... correspondantes. *Donc le p. p. c. m.* $\mathfrak{F}$ *de* τ'_1, ..., $V'_{12\varepsilon^s}$ (*qui conservent la forme* $\varphi = x\bar{x}+y\bar{y}+z\bar{z}+t\bar{t}$) *est isomorphe à* $\mathcal{H}(4, 2) \equiv \mathcal{G}(4, 3)$ [1]. C'est seulement par l'intermédiaire des fonctions hyperelliptiques qu'une correspondance des générateurs de $\mathcal{G}(4, 3)$ et de $\mathfrak{F}$ avait été établie.

2. Considérons maintenant inversement les substitutions τ'_1, ... comme appartenant à $\mathfrak{S}'$, et soit alors $\mathfrak{F}'$ leur p. p. c. m. Le changement de variables $x=\varepsilon x_1+y_1$, $y=x_1+\varepsilon y_1$, $z=\varepsilon x_2+y_2$, $t=x_2+\varepsilon y_2$ transforme τ'_1, ... en τ_1, ... respectivement (et φ en h). Donc $\mathfrak{F}' \equiv \mathcal{H}$. Donc les équations de $\mathcal{H}$ se composent des équations de $\mathfrak{F}$ jointes éventuellement à d'autres équations. Donc $\mathcal{H}$ est isomorphe à un groupe facteur de $\mathfrak{F}$. *Si donc on sait seulement que* $\mathfrak{F}$ *est d'ordre* 25920, *on peut affirmer que* $\mathfrak{F} \equiv \mathcal{H}$. Or on sait effectivement que $\mathfrak{F}$ est d'ordre 25920. Car le p. p. c. m. des substitutions :

$$\alpha = |\varepsilon^2 x,\ y,\ \varepsilon^2 z,\ \varepsilon^2 t|,$$
$$\beta = |x,\ \sigma(y+z+t),\ \sigma(y+\varepsilon z+\varepsilon^2 t),\ \sigma(y+\varepsilon^2 z+\varepsilon t)|,$$
$$\gamma = |x,\ t,\ y,\ z|, \qquad \delta = |-y,\ -x,\ -z,\ t|$$

de C est d'ordre 25920 (ce sont, à la notation près, les générateurs employés par M. Burkhardt), et en posant

$$\mathbf{c} = \gamma^{-1}\alpha\gamma.\gamma\alpha^2\gamma^{-1} = |x,\ y,\ \varepsilon z,\ \varepsilon^2 t|,$$
$$\mathbf{b} = \gamma^{-1}\delta\gamma = |-z,\ y,\ -x,\ -t|, \qquad \mathbf{b}' = (\delta\gamma)^{-2}\mathbf{b}(\delta\gamma)^2 = |-x,\ t,\ z,\ y|,$$
$$\mathbf{d} = (\mathbf{b}\mathbf{b}')^{-1}\mathbf{c}\mathbf{b}\mathbf{b}' = |\varepsilon x,\ \varepsilon^2 y,\ z,\ t|,$$
$$\begin{aligned} \mathrm{M} &= \mathbf{b}\gamma^2\mathbf{b}\mathbf{c}^2\beta\mathbf{b}\gamma\mathbf{c} \\ &= |\sigma(x+z-t),\ y,\ -\sigma(x+\varepsilon^2 z-\varepsilon t),\ -\sigma(-x-\varepsilon z+\varepsilon^2 t)| \quad (^2), \end{aligned}$$
$$\mathbf{a}_{rs} = \mathbf{d}^{r-s}\mathbf{c}^r\mathrm{M}\mathbf{d}^{-r-s}\delta\mathrm{M}\mathbf{d}^s\delta\mathbf{c}^{-r} = \left|\begin{array}{l} \sigma(-x-\varepsilon^s z+\varepsilon^{r+s}t) \\ \sigma(-y-\varepsilon^{r+s}z-\varepsilon^{s-r}t) \\ \sigma(-\varepsilon^{-s}x-\varepsilon^{-r-s}y+z) \\ \sigma(\varepsilon^{-r-s}x-\varepsilon^{r-s}y+t) \end{array}\right|,$$

---

(1) De l'isomorphisme des groupes $\mathcal{H}(4, 2)$, $R_2(6, 2)$, $\mathfrak{R}(5, 3)$ et de l'étude faite ailleurs (*J. M.*, 1919) de leurs constituants transitifs il résulte donc que l'on a une représentation quaternaire dans C des diviseurs fixant un symbole dans les représentations correspondantes des degrés 27, 36, 40 et 45 du g_{25920} considéré. *Pour le degré* 40 *ce diviseur n'est pas isomorphe au diviseur* $\{\alpha, \beta, \gamma\}$ (*homomorphe au groupe hessien*) *qu'on va rencontrer tout à l'heure* (cf. *J. M.*, 1919, p. 46).

(2) C'est la même substitution que M. Witting désigne par M.

on a

$$\tau'_1 = \delta, \quad \tau'_2 = \beta^2, \quad u'_{11} = \delta \mathbf{d}, \quad u'_{21} = \beta^2 \mathbf{c}, \quad V'_{12\varepsilon^s} = \mathbf{a}_{2,s+1}.$$

Inversement, en désignant par ξ' le produit formé avec τ'_1, ... comme le produit ξ avec les correspondantes τ_1, ...,

$$\text{(E)} \quad \begin{cases} \alpha = v'_{11}\tau'_2 T'_{12} S'_{12\varepsilon} T'^2_{12}, & \beta = u'_{21} v'_{21} W'_{12\varepsilon} V'_{12\varepsilon} u'_{21} T'^2_{12}, \\ \gamma = V'_{211} u'_{11} \tau'_2 u'_{21} W'_{211} T'^2_{12}, & \delta = \tau'_1. \end{cases}$$

3. Regardons maintenant les variables x, y, z, t comme non homogènes, et prenons les substitutions sous la forme précédente. Leur déterminant est 1, et elles vérifient toutes les relations écrites [dans les formules (E) T'^2_{12} est une similitude de multiplicateur -1]. Soit F leur p. p. c. m. Le diviseur de F qui répond à l'unité de $\mathfrak{J}$ est d'ordre 2.

4. De même les générateurs θ, β, ζ, V_1, V_ε, s_ε du groupe hermitien $\mathcal{E}(3, 2)$ (*J. M.*, 1916, p. 303-305) vérifient dans C toutes les équations qu'elles vérifient dans $\mathcal{C}'$. Leur p. p. c. m. est donc, dans C comme dans $\mathcal{C}'$, un groupe hessien d'ordre 216, et l'on voit facilement que ce groupe est aussi le p. p. c. m. des collinéations

$$\alpha' = |\varepsilon x, y, z|, \quad \beta' = |x + y + z, x + \varepsilon y + \varepsilon^2 z, x + \varepsilon^2 y + \varepsilon z|, \quad \gamma' = |z, x, y|$$

évidemment semblable à l'action de $|\alpha, \beta, \gamma|$ sur le plan $x = 0$ de tout à l'heure.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les courbes définies par les équations différentielles du second ordre.* Note de M. **Jean Chazy**, transmise par M. Goursat.

M. Picard a complété sur un point la théorie des courbes définies par une équation différentielle réelle du premier ordre, en montrant qu'à un col n'aboutissent pas d'autres caractéristiques que les deux caractéristiques holomorphes (1). Dans l'étude de certains cas particuliers du problème des trois corps, et pour être assuré d'épuiser les mouvements correspondants, j'ai été conduit à apporter des compléments analogues à la théorie des courbes définies par un système différentiel du second ordre

$$(1) \qquad \frac{dx}{X} = \frac{dy}{Y} = \frac{dz}{Z},$$

où X, Y, Z sont des fonctions réelles des trois variables x, y, z, holomorphes et nulles au point singulier $x = 0$, $y = 0$, $z = 0$.

(1) *Traité d'Analyse*, 2e édition, t. 3, p. 28 et 209.

J'ai démontré les propositions suivantes :

I. *A un col isolé ou à un col-foyer n'aboutissent pas d'autres caractéristiques que les caractéristiques engendrant une surface, et la caractéristique isolée*, mises en évidence ([1]) par Poincaré.

II. *A un point d'une ligne de nœuds ou d'une ligne de foyers n'aboutissent pas d'autres caractéristiques que les caractéristiques engendrant une surface* et mises en évidence ([2]) par Poincaré.

III. *A un point d'une ligne de cols n'aboutissent pas d'autres caractéristiques que les deux caractéristiques holomorphes*, formant avec la ligne de cols elle-même les trois caractéristiques holomorphes, dont l'existence résultait déjà des travaux ([3]) de Briot et Bouquet.

IV. *Toute caractéristique dont la distance d'un point à une ligne de nœuds, à une ligne de foyers ou à une ligne de cols tend vers zéro, aboutit à un point déterminé de cette ligne.*

Ce sont là les énoncés les plus simples de chacune des quatre propositions, mais ces énoncés peuvent être complétés. Par exemple, la proposition IV peut être généralisée comme il suit :

IV'. *Soit* L *une ligne de nœuds, une ligne de foyers ou une ligne de cols du système différentiel* (1), *et soit une caractéristique de ce système, dont une infinité d'arcs,* γ, *deviennent successivement infiniment voisins de segments,* λ, *de la ligne* L, mais qui dans les intervalles des arcs γ peut s'éloigner de la ligne L. *La longueur de chacun des segments* λ *et,* qui plus est, *la longueur de chacun des arcs* γ, *sont infiniment petites.*

Comme conséquence de la proposition IV, une ligne de nœuds, une ligne de foyers ou une ligne de cols fermées ne peuvent admettre de caractéristiques asymptotes.

Comme conséquence de la proposition IV', une telle ligne ne peut jouer par rapport à aucune caractéristique du système (1) le rôle que, sur les surfaces à courbures opposées d'ordre de connexion supérieur à 2, les géodésiques fermées jouent par rapport aux géodésiques restant à distance finie et qui ne sont ni fermées ni asymptotes à des géodésiques fermées ([4]).

La démonstration des propositions précédentes paraîtra dans un autre Recueil.

([1]) *Journal de Mathématiques*, 4e série, t. 2, 1886, p. 157.

([2]) *Ibid.*, p. 164.

([3]) *Journal de l'École Polytechnique*, 36e cahier, 1856, p. 133-198.

([4]) Cf. Hadamard, *Journal de Mathématiques*, 5e série, t. 4, 1898, p. 68.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes triples orthogonaux.* Note de M. S. CARRUS, présentée par M. G. Kœnigs.

Comme nouvelle application de la méthode que nous avons exposée ([1]), nous traiterons encore le cas où l'une des coordonnées est indépendante de l'un des paramètres.

En posant

$$\frac{x_1}{y_1} = \lambda, \qquad \frac{x_2}{y_2} = \mu, \qquad \frac{x_3}{y_3} = \nu,$$

nous avons obtenu les équations

$$(\mathrm{I}) \qquad \left\{ \begin{array}{l} A\lambda_1 = B\mu_1 + C\nu_1, \\ B\mu_2 = C\nu_2 + A\lambda_2, \\ C\nu_3 = A\lambda_3 + B\mu_3, \end{array} \right.$$

avec

$$A = (\nu - \mu)(1 + \mu\nu), \qquad B = (\lambda - \nu)(1 + \nu\lambda), \qquad C = (\mu - \lambda)(1 + \lambda\mu),$$

λ, μ, ν étant des fonctions des paramètres ρ_1, ρ_2, ρ_3. Si la coordonnée x est indépendante du paramètre ρ_3, $x_3 = 0$. Donc $\nu = 0$. Les équations du système (I) se réduisent à

$$(\mathrm{I}') \qquad \left\{ \begin{array}{l} \mu\lambda_1 + \lambda\mu_1 = 0, \\ \mu\lambda_2 + \lambda\mu_2 = 0, \\ \mu\lambda_3 - \lambda\mu_3 = 0. \end{array} \right.$$

La solution générale de ce système s'obtient aisément; on peut poser

$$\lambda = \frac{1}{T(\rho_3)\varphi(\rho_1, \rho_2)}, \qquad \mu = \frac{\varphi(\rho_1, \rho_2)}{T(\rho_3)}.$$

Ensuite

$$x = \psi(\rho_1, \rho_2);$$

y est alors déterminée par les deux équations

$$(\mathrm{II}) \qquad \left\{ \begin{array}{l} y_1 = T\varphi\psi_1, \\ y_2 = T\dfrac{\psi_2}{\varphi}. \end{array} \right.$$

Pour que ces équations soient compatibles il faut d'abord poser

$$\varphi\psi_1 = \theta_1, \qquad \frac{\psi_2}{\varphi} = \theta_2,$$

([1]) *Comptes rendus*, t. **173**, 1921, p. 219.

θ étant comme φ une fonction de ρ_1, ρ_2; on a donc d'abord la condition

(3) $$\psi_1\psi_2 = \theta_1\theta_2.$$

Alors

$$y = T(\rho_3)\theta(\rho_1, \rho_2) + T_1(\rho_3),$$

T_1 étant une nouvelle fonction arbitraire de ρ_3.

Calcul de z. — z est alors donnée par les trois équations compatibles

(III) $$\begin{cases} z_2 z_3 + (T'\theta + T'_1)T\theta_2 = 0, \\ z_3 z_1 + (T'\theta + T'_1)T\theta_1 = 0, \\ z_1 z_2 + \psi_1\psi_2 + T^2\theta_1\theta_2 = 0. \end{cases}$$

Des deux premières on déduit d'abord

$$\frac{z_2}{z_1} = \frac{\theta_2}{\theta_1}.$$

D'où

$$z = \mathcal{F}(\theta, \rho_3),$$

et la solution générale du problème [en posant sans diminuer la généralité $T(\rho_3) = \rho_3$] est donnée par les formules suivantes :

(IV) $$\begin{cases} x = \psi(\rho_1, \rho_2), \\ y = \rho_3\theta(\rho_1, \rho_2) + t + t'\rho_3(1 + \rho_3^2), \\ \dfrac{z}{i} = \theta\sqrt{1 + \rho_3^2} + t'\rho_3^2\sqrt{1 + \rho_3^2}, \end{cases}$$

t étant une fonction de ρ_3.

Cette solution offre un grand caractère de généralité; les deux fonctions de deux variables θ et ψ étant assujetties à l'unique condition

(3) $$\psi_1\psi_2 = \theta_1\theta_2,$$

elle dépend d'une fonction arbitraire de deux variables $\psi(\rho_1, \rho_2)$, de la fonction arbitraire d'une variable $t(\rho_3)$ et d'une fonction arbitraire d'une variable introduite par l'intégration de l'équation (3).

ASTRONOMIE. — *La loi de Newton et la formule d'Einstein pour le périhélie des planètes.* Note de M. Gaston Bertrand.

1. *Formule d'Einstein.* — La rotation $\delta\Omega$ du périhélie d'une planète pendant la durée T d'une révolution est

$$\delta\Omega = \frac{24\pi^3 a^2}{T^2 c^2(1 - e^2)} = \frac{6\pi f M}{c^2 a(1 - e^2)},$$

c, vitesse de la lumière; f, coefficient de l'attraction newtonienne; M, masse du Soleil; a, demi grand axe de l'orbite; e, excentricité.

2. *Modification de la loi de Newton.* — Sans sortir de la Mécanique classique, on peut d'une infinité de façons modifier la loi de Newton de manière à obtenir la formule précédente.

Soit par exemple la loi d'attraction

$$F = -\frac{fMm}{r^2}\Phi\left(\frac{v^2}{c^2}\right),$$

Φ étant une fonction paire de $\frac{v}{c}$ dont les deux premiers termes du développement en série sont

$$\Phi = 1 + \alpha\frac{v^2}{c^2} + \ldots.$$

Les équations du mouvement deviennent alors

$$d\frac{v^2}{2} = -\frac{fM}{r^2}\left(1 + \alpha\frac{v^2}{c^2}\right)dr,$$

$$r^2\frac{d\theta}{dt} = \Gamma,$$

et celle de la trajectoire

$$\frac{d^2u}{d\theta^2} + u = \frac{1}{p} + \frac{\alpha fM}{c^2}\left(\frac{du^2}{d\theta^2} + u^2\right),$$

en employant les notations habituelles et en posant $\frac{1}{r} = u$.

La première approximation donne la solution képlérienne

$$u = \frac{1}{p} + \frac{e}{p}\cos(\theta - \Omega)$$

et la seconde

$$u = \frac{1}{p} + \frac{\alpha fM}{c^2}\frac{1+e^2}{p^2} + \frac{e}{p}\cos(\theta - \Omega) + \frac{\alpha fM}{p^2c^2}e\theta\sin(\theta - \Omega),$$

ce qui peut s'écrire

$$u = \frac{1}{p} + \frac{\alpha fM}{c^2}\frac{1+e^2}{p^2} + \frac{e}{p}\cos(\theta - \Omega - \delta\Omega).$$

La trajectoire est donc une ellipse dont le périhélie tourne lentement dans le sens du mouvement. Si la longitude initiale du périhélie est Ω_0, la longitude actuelle Ω est donnée par la formule

$$\Omega = \Omega_0 + \frac{\alpha fM}{pc^2}\theta.$$

Quand la planète a effectué une révolution, $\theta = 2\pi$,

$$\delta\Omega = \alpha \frac{2\pi f M}{pc^2} = \alpha \frac{8\pi^3 a^2}{T^2 c^2 (1 - e^2)}.$$

3. *Conclusion.* — Pour retrouver la loi précédente, il faut prendre $\alpha = 3$. Autrement dit, il suffit de remplacer $F = -\frac{fMm}{r^2}$ par

$$F = -\frac{fMm}{r^2}\Phi\left(\frac{v^2}{c^2}\right),$$

avec

$$\Phi = 1 + 3\frac{v^2}{c^2} + \text{termes quelconques.}$$

Cela est évidemment possible d'une infinité de manières. Par exemple, si l'on veut introduire le facteur $1 - \frac{v^2}{c^2}$, fameux depuis l'expérience de Michelson-Morley, on prendra

$$F = -fMmr^{-2}\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{-3}.$$

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Le phénomène des* rideaux *et la solifluction.* Note de M. Louis Gentil.

J'ai donné une explication de la genèse des accidents de terrain appelés *rideaux* en pays crayeux [1].

J'ai montré que, dans les vallées de la Seine et de l'Eure et, plus particulièrement, dans la région de valleuses comprise entre la Somme et la Bresle, ces formes du terrain doivent être attribuées à des glissements superficiels de l'argile à silex provenant de la décalcification de la craie sur les lignes d'affleurement.

J'ai insisté sur le rôle capital du climat dans la genèse des *rideaux*. Lorsque l'humidité de l'atmosphère est suffisante pour donner à l'argile à silex une certaine plasticité, celle-ci coule sur les pentes pour former, au premier obstacle, des bourrelets d'épaississement qui constituent les *rideaux*.

Enfin, j'ai pensé que l'absence de ces formes du terrain dans les pays méditerranéens devait tenir à ce que les chutes atmosphériques s'y manifestent par saccades, les jours de pluie étant séparés par des périodes assez longues de sécheresse.

Il semble que, dans ces régions tempérées, les éboulements qui se produisent dans les terrains argileux, après de fortes pluies, doivent être rapprochés des affaissements des pentes bien décrits par Almagia, dans

---

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1917, p. 145 et 291.

l'Apennin, sous le nom de *frane* ([1]). Du moins, en bien des cas, j'ai constaté qu'ils résultaient de l'infiltration des eaux fluviales dans les fissures de retrait de l'argile; l'épanchement de ces eaux dans quelque lit sableux ou gréseux, perméable, forme de petits niveaux aquifères qui provoquent le décollement de tout le paquet d'argile superposé et celui-ci, sollicité par la pesanteur, glisse sur la pente du versant. C'est là le mode de formation d'une *frana*.

Il me paraît intéressant de rapprocher la genèse des *rideaux* du phénomène de la *solifluction* décrit par J.-G. Anderson ([2]). Ce savant a été amené à considérer, en dehors de l'agent principal de la dénudation superficielle, le ruissellement, des phénomènes de glissement qui, dans les régions arctiques, peuvent jouer, dans le modelé du terrain, un rôle prépondérant.

Ses observations portent sur le petit groupe insulaire de l'Ile aux Ours, situé sur le 74°30 parallèle nord, dans la partie atlantique de l'océan Arctique. Constituées par des terrains anciens, compris entre le Silurien et le Trias, avec une succession de schistes argileux et de grès, ces îles offrent des reliefs le plus souvent adoucis. Sur les pentes, on constate que les produits d'altération superficielle des roches glissent vers le pied des versants; ils forment de véritables ruisseaux de boues qui entraînent dans leur masse des cailloux anguleux et rappellent, par leur progression, des glaciers en miniature.

Au printemps, les neiges imprègnent, par leur eau de fusion, les produits de désagrégation de surface, formés d'argile et de débris de roches dures : il en résulte la formation d'une masse semi-fluide qni se met lentement en marche, suivant les lignes de plus grande pente. Chaque été a pour effet de décaper la surface de sa couche altérée et la roche dure est soumise à une nouvelle désagrégation dont les produits subiront, au printemps suivant, une nouvelle progression vers le bas du versant.

Quand les masses de boue caillouteuse ont atteint le thalweg de la vallée, les torrents d'eaux de fusion les délavent, entraînant les particules fines pour laisser, sur place, des entassements de pierres; mais ce triage ne se produit pas sur la pente où s'opère le phénomène de glissement désigné par J.-G. Anderson sous le nom de *solifluction*.

Cet auteur a attribué aux mêmes causes la formation des *rivières de pierre*, étudiées par Darwin et Thomson, dans les îles Falkland situées sur le 52° parallèle sud. Il envisage ces formations comme dues à d'anciens glaciers de boue, dont les moraines ont été délavées par les eaux superficielles, pour laisser des amas de pierres comparables à ceux de l'Ile aux Ours.

([1]) Dr Roberto Almagia, *Studio geografici sulli frane in Italia* (*Soc. Geogr. Italiana*, 1907, et *Mem. d. Soc. Ital. Geogr.*, 1910).

([2]) J.-G. Anderson, *Solifluction, a component of subaërial denudation* (*The Journ. of Geology Chicago*, vol. 14, 1906, p. 91-112).

On est frappé de l'analogie qui existe, quant au mécanisme du phénomène qui leur donne naissance, entre les boues caillouteuses, les amoncellements et les rivières de pierre des régions de grandes latitudes, et les *rideaux* de la France septentrionale envisagés comme je l'ai fait. Dans l'un et l'autre cas il s'agit de la progression, sur la pente des versants, des produits de la désagrégation du sous-sol formés de fragments de roches englobés dans une argile rendue plastique par une imprégnation d'eau suffisante.

Dans les régions arctiques, l'imbibition se produit au moment de la fonte des neiges. La progression ne peut se faire qu'en été, la couche de surface étant en quelque sorte consolidée, en hiver, sous son manteau glacé.

A fortiori, on conçoit que l'argile à silex de nos régions françaises puisse se mouvoir plus aisément, maintenue pendant une plus longue période à l'état de plasticité, par l'imprégnation des eaux de pluie.

On peut même dire que la solifluction, telle que l'a décrite J.-G. Anderson, n'est qu'un cas particulier du phénomène qui, dans nos régions, aboutit à la formation des *rideaux*.

Ce mode de dénudation superficielle, dont l'importance ne peut échapper, n'implique pas nécessairement, en effet, l'intervention de l'eau solide sous un climat glaciaire ou subglaciaire, comme paraît le penser mon éminent confrère suédois.

Pour qu'il se manifeste, il suffit, ainsi que je l'ai fait remarquer à propos des rideaux en pays de craie, que les affleurements de terrain, susceptibles de donner de l'argile par leur désagrégation, soient exposés à un climat assez humide.

BOTANIQUE. — *L'amidon mobile et le géotropisme.*

Note de M. E. Zaepffel, présentée par M. Gaston Bonnier.

On sait qu'un grand nombre d'organes végétaux, capables de s'orienter par rapport à la direction verticale sous l'action de la pesanteur, renferment des grains d'amidon mobile, c'est-à-dire capables de se déplacer, dans les cellules, sous l'action d'une force telle que la pesanteur. Ces grains d'amidon mobile, appelés assez improprement *statolithes*, s'observent dans l'endoderme des tiges, à l'extrémité des racines, dans les pétioles des feuilles, etc.

Quand un organe est déplacé de sa position normale, couché horizonta-

lement, par exemple, pour une tige ou une racine principale, les grains d'amidon mobile tombent à l'intérieur des cellules qui les renferment; dans chacune de ces cellules, ils s'appuient alors sur l'une des faces longitudinales, au lieu d'être en contact avec la face morphologiquement inférieure. De ce déplacement, d'après certains physiologistes (Haberlandt, Němec, etc.), résulterait l'excitation géotropique. Mais aucune explication entièrement satisfaisante n'a encore été donnée du mécanisme de cette action.

Je me propose, dans cette Note, de rechercher comment on peut concevoir le rôle de l'amidon mobile dans le géotropisme.

Remarquons d'abord que, dans les organes sensibles au géotropisme, Czapeck, Krauss, etc. ont attiré l'attention sur la présence de sucres réducteurs. D'autre part, étudiant la répartition de l'amylase dans les plantes, Grüss a signalé son abondance dans les points végétatifs et dans le voisinage des grains d'amidon.

Dans la feuille primordiale d'Avoine (feuille souvent désignée à tort sous le nom de *cotylédon*) que j'ai plus spécialement étudiée, j'ai observé effectivement, vers le sommet, dans la région riche en amidon mobile, des sucres réducteurs et de l'amylase : ces substances, caractérisées respectivement par la liqueur de Fehling et par la teinture de gayac en présence d'eau oxygénée, y sont nettement plus abondantes que dans le reste de cette feuille primordiale.

En résumé, dans les cellules à amidon mobile, nous trouvons en présence : *eau*, *amidon*, *diastase*, *sucres réducteurs*.

Il était dès lors intéressant de réaliser un appareil présentant les caractères essentiels d'une cellule à amidon mobile : présence simultanée d'eau, d'amidon, de diastase, de sucres et paroi hémi-perméable; puis d'en étudier les propriétés.

J'ai d'abord cherché comment se répartit, suivant la verticale, la richesse en sucre du mélange (eau, amidon, diastase, sucres), ce mélange étant renfermé dans un vase quelconque, ne présentant pas de paroi hémi-perméable. J'obtiens simplement ce mélange en traitant, par l'eau, du malt finement broyé, puis en filtant grossièrement à travers une toile métallique : les débris des cellules sont arrêtés, l'amidon traverse la toile et tombe au fond du vase, l'amylase et les sucres se retrouvent en dissolution dans le liquide.

L'amylase, par son action sur l'amidon, détermine un accroissement progressif de la richesse en sucres, lesquels apparaissent par conséquent au voisinage des grains d'amidon, puis diffusent lentement dans tout le liquide. On devrait alors observer, pendant l'action hydrolysante de la diastase, une

richesse en sucres plus considérable au fond du vase, là où se trouve l'amidon, que dans les régions supérieures : c'est ce que j'ai vérifié.

Le vase a été laissé immobile pendant 3 heures; puis à l'aide d'une pipette, j'ai puisé quelques centimètres cubes du liquide en A, vers le sommet du vase; en B, 15^{cm} plus bas, vers le milieu; et enfin en C, encore 15^{cm} plus bas, vers le fond. Recherchant alors l'action de ces trois liquides A, B, C sur un même volume, 2^{cm^3} de liqueur de Fehling ferrocyanurée, j'ai obtenu la décoloration du réactif avec 25^{cm^3} de liquide A, 20^{cm^3} de liquide B, 5^{cm^3} de liquide C. La richesse en sucres aux niveaux A, B, C était donc comme les nombres $\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, 1$.

Il résulte de ce qui précède que, dans un appareil renfermant de l'eau, de l'amylase, des sucres, de l'amidon, il s'établit une inégale répartition de la substance sucrée, avec un maximum dans le voisinage immédiat de l'amidon, par conséquent dans le voisinage du fond.

Ce premier point établi, voici le dispositif que j'ai utilisé pour avoir, comme dans les cellules à amidon mobile : amidon, amylase, sucres, membrane hémi-perméable.

Un osmomètre, soit de Pfeffer, soit simplement de Dutrochet, est installé dans un récipient, de telle sorte que la membrane se trouve assez éloignée du fond de ce dernier. Dans le récipient, je verse le même liquide que dans l'osmomètre : eau, amidon, diastase, sucres; les surfaces libres, dans le récipient et dans l'osmomètre, sont établies dans un même plan horizontal, correction faite de la capillarité. Au bout d'un certain temps, le niveau du liquide s'élève dans l'osmomètre, atteint un maximum, puis revient progressivement à sa hauteur initiale.

Voici, exprimées en millimètres, les valeurs de la dénivellation mesurée chaque jour, pendant une semaine, pour un osmomètre placé à $9^{cm},5$ du fond, dans un récipient de 15^{cm} de hauteur :

Jours	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Dénivellations	8	10	12	10	4	0	0

Ces résultats se comprennent facilement si l'on se rappelle l'expérience préliminaire. Dans l'osmomètre, l'amidon tombe et se rassemble au-dessus de la membrane; dans le récipient, l'amidon tombe également et se rassemble au fond : par conséquent, il y a de l'amidon au-dessus de la membrane de l'osmomètre, et il n'y en a pas immédiatement en dessous. Dès lors, du sucre prend naissance dans l'osmomètre au-dessus de la membrane; celui qui apparaît en dessous, dans le récipient, ne se forme que beaucoup plus bas, au voisinage de l'amidon, donc au voisinage du fond; et ce n'est que plus tard, après une diffusion lente, qu'il peut parvenir jusqu'à l'osmomètre.

Dès que la digestion de l'amidon a commencé, la membrane ne sépare plus deux liquides identiques : la richesse en sucre, plus considérable en

dessus qu'en dessous, détermine un appel osmotique d'eau vers le côté le plus riche, c'est-à-dire du bas vers le haut.

Des expériences précédentes, je conclus que la concentration en sucre au voisinage immédiat des grains d'amidon, en voie d'hydrolyse, se maintient pendant un temps notable.

Lorsque ces grains d'amidon s'appuient sur une membrane hémi-perméable, des phénomènes d'osmose prennent alors naissance : la pression osmotique augmente au-dessus de la membrane, déterminant un appel d'eau vers la surface qui est en contact avec l'amidon, c'est-à-dire vers le haut.

Or, dans les végétaux, les cellules vivantes à amidon mobile, avec leur amidon s'appuyant sur la paroi protoplasmique, membrane hémi-perméable, avec leur amylase, avec leurs sucres réducteurs, constituent entre elles, et aussi entre elles et les cellules voisines dépourvues d'amidon mobile, un groupement d'osmomètres en équilibre dynamique; et cela dans tout organe orienté dans leur position naturelle.

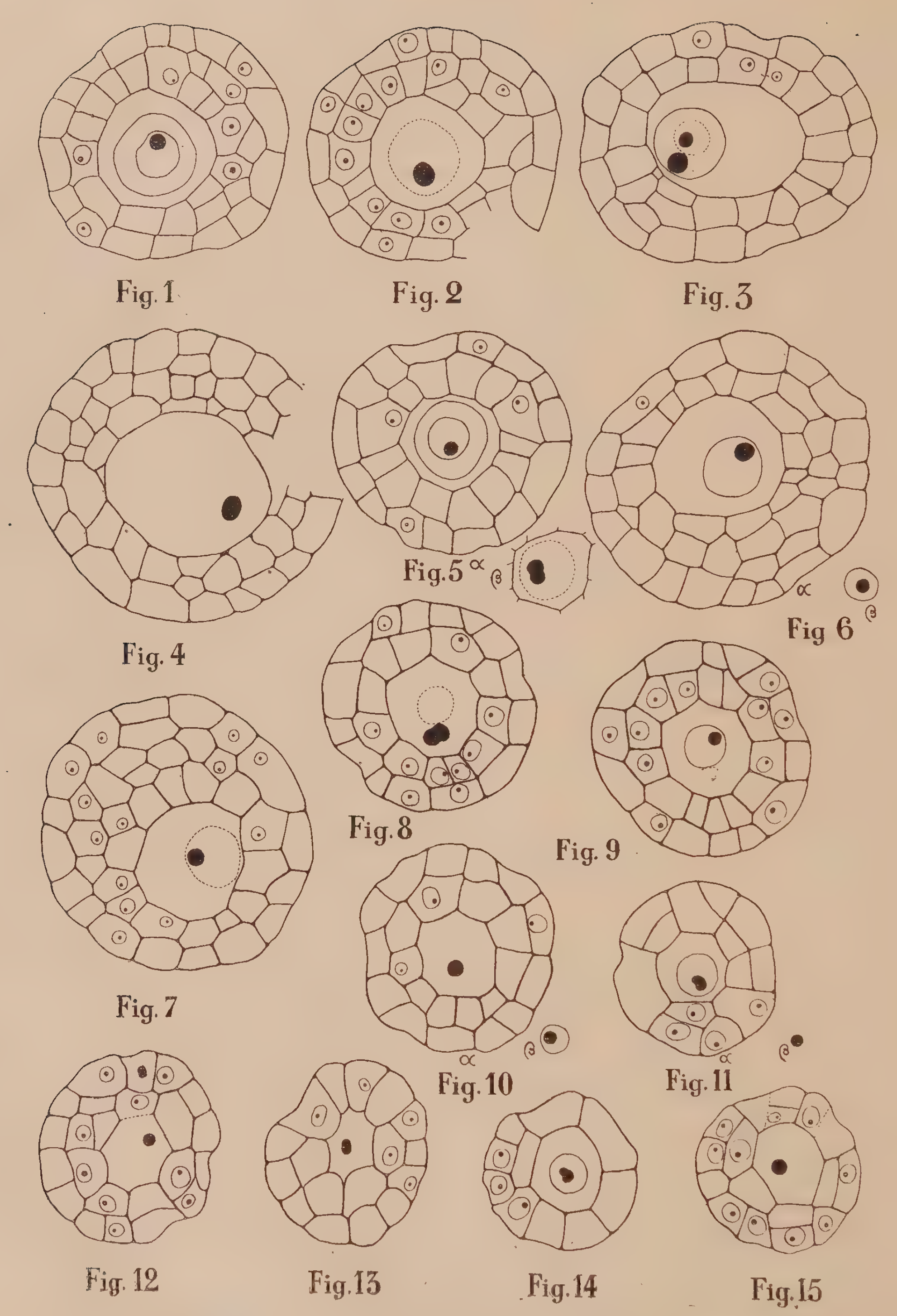
Lorsque l'organe est écarté de cette position normale, lorsqu'une tige ou une racine principale est par exemple placée horizontalement, les grains d'amidon mobile tombent sur des parois cellulaires longitudinales; la chute de l'amidon mobile sur ces parois, devenues horizontales, détermine des modifications dans les rapports osmotiques entre les diverses cellules; la turgescence des tissus se trouve donc modifiée par une nouvelle répartition de l'eau. Cette variation de la turgescence détermine dans l'organe végétal considéré, des déformations dont peuvent résulter les courbures géotropiques.

CYTOLOGIE. — *Observations sur les masses chromatiques du cytoplasme de l'oosphère chez* Mnium undulatum *Weis et* Mnium punctatum *Hedwig*. Note (¹) de M. **Jacques Pottier**, présentée par M. L. Mangin.

G.-M. Holferty (²) a figuré et signalé sans insister des masses chromatiques au nombre de 1 à 3 dans le cytoplasme de l'oosphère du *Mnium cuspidatum*.

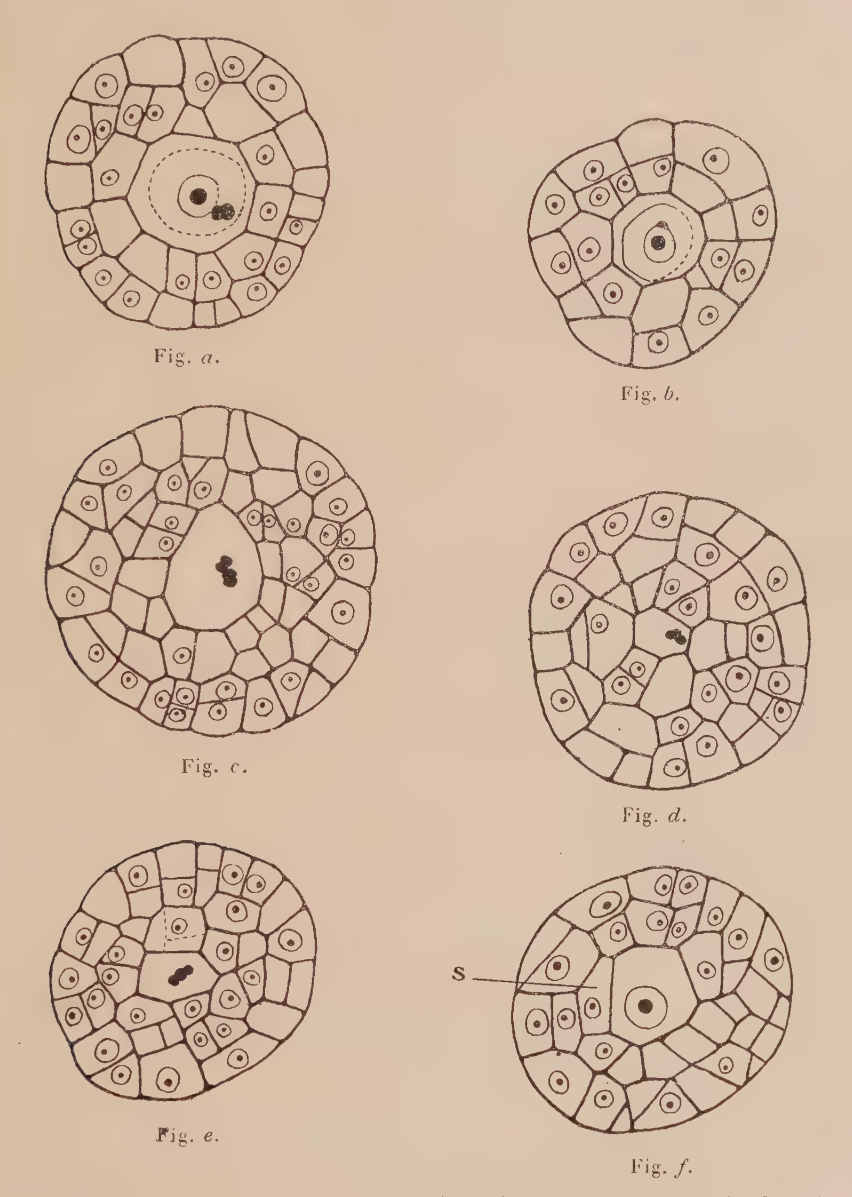
(¹) Séance du 22 août 1921.

(²) Voir figures 26, 28, 29 et 33 de son travail intitulé : *The archegonium of Mnium cuspidatum* (*Botanical Gazette*, 37, february 1904, p. 106-126, avec planches 5 et 6). Il écrit, page 2⁵, à propos de l'explication des figures 26 à 29 : « Egg cells showing masses of chromatin thrown off into the cytoplasm-an occurrence quite common for eggs, less so for ventral canal cells. »



Coupes transversales de ventres d'archégones de *Mnium undulatum* (grossies 600 fois).

J'ai pu observer des formations de ce genre chez *M. undulatum* fixé au liquide de Flemming et chez *M. punctatum* fixé au liquide de Kaiser. J'ai



Coupes transversales de ventres d'archégones de *Mnium punctatum* (grossies 600 fois).

coloré les préparations au mélange fuchsine, vert d'iode, bleu de méthyle et congocorint. Les masses chromatiques que j'observais dans le cyto-

plasme étaient fortement colorées en rouge sombre chez *M. undulatum*. Les archégones possédant ces masses étaient en général sûrement fermés; celles-ci ne pouvaient donc être des pronucléus mâles gonflés dans le plasma femelle. Ce ne peuvent être non plus des noyaux dégénérés par pycnose [de cellule sœur de l'oosphère par exemple (1)], car j'aurais trouvé des stades où le caryoplasme eût été encore visible. Je considère que ce sont des portions détachées par étranglement de la masse chromatique du noyau de l'oosphère (voir *fig.* 11 α et 14). Elles sont en général situées dans le fond de la cavité ventrale. Ainsi la figure 2 est la mise au point inférieure de la figure 1. L'inverse peut avoir lieu (*fig.* 8 et 9). On observe fréquemment la division en deux de ces masses (*fig.* 5 β et 8). Leurs dimensions sont (en cas de division, j'indique celles de l'ensemble) pour celles de la figure 2 (5^{μ},8 sur 4^{μ},7), de la figure 3 (5^{μ},2 sur 4^{μ},7), de la figure 4 (6^{μ},1 sur 4^{μ},7), de la figure 5 β (6^{μ},1 sur 3^{μ},8), de la figure 6 (5^{μ} sur 4^{μ},4), de la figure 7 (4^{μ},4), de la figure 8 (6^{μ},3 sur 4^{μ},4), de la figure 10 (4^{μ},1), de la figure 11 β (3^{μ}), de la figure 12 (3^{μ}), de la figure 13 (3^{μ},8 sur 2^{μ},5), de la figure 15 (3^{μ},6). Chez *M. punctatum* les préparations étaient très pâles, peu nettes et les masses chromatiques bien plus petites. Dans la figure *a* on en voit une en division formant deux boules de 2^{μ},5 de diamètre. La figure *b* montre une excroissance colorée d'un noyau d'oosphère (est-ce la sortie d'une masse chromatique?). Les figures *c*, *d*, *e* montrent, au centre, des fonds de cavités ventrales d'archégones contenant des masses chromatiques au nombre de deux divisées en deux : figure *c* (de 3^{μ},3 sur 3^{μ} chacune) et figure *d* (3^{μ},3 sur 2^{μ} chacune), la masse de gauche recouvrant la moitié de celle de droite. Dans la figure *e*, il semble y avoir une seule masse étranglée deux fois (de 3^{μ} sur 2^{μ}). Les masses chromatiques sont souvent entourées d'une zone claire dans les deux espèces.

PHYSIOLOGIE. — *Origine périphérique de l'hyperthermie provoquée par le bleu de méthylène.* Note (2) de MM. **W. Koskowski** et **Ét. Maigre.**

Chez le chien, chloralosé ou non, le bleu de méthylène en injections intraveineuses et en quantité suffisante (0^{g},05 à 0^{g},20 au moins) détermine constamment une forte hyperthermie (3). Les résultats de nos expé-

---

(1) Il peut, en effet, exister une cellule sœur de l'oosphère (voir figure *f* en *s*).

(2) Séance du 16 août 1921.

(3) C. Heymans et Ét. Maigre, *C. R. de la Société de Biologie*, 1921, 25 juin, p. 141.

riences permettent, croyons-nous, d'attribuer une origine périphérique à ce phénomène. En effet :

1° L'injection dans le quatrième ventricule de 2^{cg} à 4^{cg} de bleu ne fait pas varier la température;

2° Les veines jugulaires internes et externes étant liées, l'injection, dans le bout distal de la carotide, de quantités de bleu allant jusqu'à 14^{cg}, n'a eu, chez le chien chloralosé, aucun effet thermique, ou a été suivie, après plus d'une heure et demie, d'une élévation de quelques dixièmes de degré, que suffit à expliquer la diffusion par les veines spinales;

3° Chez le chien non chloralosé ou chloralosé, l'antipyrine, aux doses de 2^{g} à 5^{g}, injectée dans les veines avant le bleu ou pendant son action, n'exerce pas d'influence antipyrétique;

4° Une expérience de circulation croisée (vertébrales et jugulaires internes liées, sang rendu incoagulable, carotides et jugulaires externes croisées) a montré que l'injection, par doses fractionnées, de 20^{cg} de bleu dans la saphène d'un des chiens, peut faire monter, en $1^{h}40^{m}$, sa température de 2°,4, tandis que celle de l'autre chien, antérieurement préparé, dont les veines spinales étaient par conséquent plus dilatées, ne s'est élevée que de 1°,25, la hausse de la température ayant commencé chez le premier 4 minutes après, chez le deuxième 19 minutes après la première injection de bleu, ce qui est en faveur d'un phénomène de diffusion, et nullement d'une action directe sur les centres thermiques;

5° Les ligatures des vertébrales, des carotides, des jugulaires internes et externes, et la section de la moelle au-dessous du bulbe n'empêchent pas le bleu de méthylène de déterminer l'hyperthermie.

Celle-ci paraît donc être d'origine périphérique. Il est peu probable que le « choc hémoclasique » joue un grand rôle dans sa production, le bleu de méthylène étant, avec l'acide picrique, le type des colorants non colloïdaux [1]. Ce corps, d'autre part, se fixe électivement sur les fibres terminales des nerfs parasympathiques et les paralyse; on peut donc chercher dans une transformation plus active du glycogène hépatique en glucose et une combustion plus intense de ce dernier, l'une des causes de l'effet hyperthermisant. Car les expériences de Vasoin, celles de Raphaël Dubois et celles de Rossi [2] ont montré que le pneumogastrique exerce une influence

(1) L. Michaelis, *Handbuch der Biochemie des Menschen und der Thiere*, t. 2, 1909, p. 193.

(2) R. Dubois, *C. R. Soc. Biol.*, 1894, p. 219. — A. Rossi, *Archivio di Fisiologia*, 1915, p. 155.

inhibitrice sur la transformation du glycogène et la libération du glucose dans le foie. La paralysie des fibres terminales intrahépatiques de ce nerf doit alors avoir pour conséquence l'hyperglycémie, l'excès de glucose, exothermiquement détruit, pouvant l'être par les tissus (surtout par le tissu musculaire) ou par le colorant lui-même, sous l'influence, par exemple, d'un catalyseur. *In vitro*, on le sait en effet, le bleu de méthylène est réduit et décoloré par le glucose, mais à la température de l'ébullition. Et c'est d'ailleurs ce qui rend impossible, par les méthodes ordinaires, le dosage du glucose dans le sang après injection de bleu, l'excès de colorant décomposant une partie du glucose.

Ne pouvant mesurer la glycémie, nous avons fait les expériences suivantes :

Nous avons d'abord réalisé la séparation physiologique du foie, soit en liant l'artère hépatique, l'artère mésentérique supérieure et la veine porte, soit, puisque l'expérience devait être de courte durée, en modifiant la technique de la fistule d'Eck : après ligature de l'artère hépatique, le sang était rendu incoagulable, et la branche verticale d'une canule en forme de T, dont la branche horizontale occupait un segment de la veine cave, communiquait avec une canule introduite dans la veine porte après ligature juxtahépatique de celle-ci. Dans ces conditions, l'injection de 10^{cg} à 15^{cg} de bleu, par doses de 5^{cg}, n'a été suivie d'aucune élévation de la température ; mais, bien que chaque expérience ait été reproduite deux fois, la survie des chiens fut trop courte pour permettre une conclusion ferme (mort subite au bout d'une heure environ, presque immédiatement successive à une injection de bleu de méthylène, l'observation des effets de celui-ci n'ayant duré qu'une demi-heure, temps d'ailleurs suffisant, dans les conditions normales, pour que l'hyperthermie ait commencé).

Au lieu de séparer le foie, on peut rendre les muscles inactifs. Un chien curarisé, malgré l'injection, par doses fractionnées de 55^{cg} de bleu, n'a présenté, et seulement pendant une partie de l'expérience, qu'une élévation de température de 2 dixièmes et demi de degré. Ce qui semble indiquer que le système musculaire joue un grand rôle dans l'hyperthermie provoquée par le bleu de méthylène, laquelle admettrait donc une libération, puis, dans les muscles, une décomposition du glucose parmi ses facteurs [1].

---

[1] On sait que le bleu de méthylène, après injections intraveineuses, s'accumule dans certaines parties de l'organisme : le foie, les îlots de Langerhans (GAUTRELET et GRAVELLAT, *C. R. Soc. Biol.*, 1905 et 1906 ; — HERTER, *Zeitschr. f. physiol.*

Les solutions utilisées étaient à 1 pour 100 dans l'eau salée à $\frac{9}{1000}$. Sauf une ou deux exceptions, les chiens, presque tous jeunes, pesaient entre 7^{kg} et 10^{kg}. Hormis les cas où le foie était séparé de l'organisme, le bleu fut toujours bien supporté; il nous a même paru non seulement réchauffer l'animal, mais encore diminuer le shock opératoire.

PHYSIOLOGIE. — *La tension superficielle et la suppression du choc par l'hyposulfite de soude.* Note [1] de M. W. **Kopaczewski**, transmise par M. d'Arsonval.

Nous avons effectué encore une fois [2] des mesures de la tension superficielle du sérum seul ou mélangé avec des quantités croissantes d'hyposulfite de soude.

Pour rendre nos expériences facilement contrôlables, nous les donnons avec tous les détails.

L'hyposulfite de soude employé était pur (Poulenc); cette fois nous avons expérimenté avec le sérum de cheval.

Voici nos résultats effectués à la température 20° C :

Substances.	Nombre de gouttes.	Densité.	Temps d'écoulement en secondes.	Tension superficielle en dynes par centimètre.
H^2O distillé	40,5	1,0000	182	73,0
NaCl à 7,5 pour 1000	»	1,0008	184	74,1
Hyposulfite de soude à 5 pour 100	41,25	1,0234	202	73,35
Hyposulfite de soude à 20 pour 100	44,00	1,0724	230	72,04
Sérum de cheval	50,0	1,0283	466	60,70
Sérum dilué avec hyposulfite de soude à 20 p. 100 (2 gouttes pour 4^{cm^3})	50,5	1,0285	400	60,21
Sérum de cheval	47,75	1,0260	370	63,52

Chemie, 1904). Il se peut qu'il provoque là, et aussi dans le sang, des réaction chimiques exothermiques. Toutefois, l'azur de méthylène, dérivé sulfoné, dont la molécule ne diffère de celle du bleu que par l'addition de deux atomes d'oxygène, ne donne pas une hyperthermie supérieure. Celle-ci, d'après ce que nous avons constaté, est même moins rapide que celle que détermine le bleu : fait qui, confirmé par de nombreuses expériences, ne serait pas favorable à l'hypothèse d'une hyperthermie d'origine purement chimique.

(1) Séance du 22 août 1921.

(2) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 337, 936.

Substances.	Nombre de gouttes.	Densité.	Temps d'écoulement en secondes.	Tension superficielle en dynes par centimètre.
Sérum dilué avec hyposulfite de soude à 20 p. 100 (4 gouttes pour 4^{cm^3})..	48,25	1,0262	388	62,87
Sérum de cheval..................	47,25	1,0305	457	62,57
Sérum dilué avec hyposulfite de soude à 20 p. 100 (16 gouttes pour 4^{cm^3})..	48,25	1,0425	400	61,25
Sérum de cheval..................	**46,5**	1,0280	405	**65,36**
Sérum dilué à $\frac{1}{2}$ avec H^2O..........	**44,25**	1,0150	270	**67,80**
Sérum dilué à $\frac{1}{2}$ d'hyposulfite de soude à 5 pour 100....................	**47,5**	1,0265	261	**62,24**

Ces expériences facilement contrôlables, effectuées avec notre tonomètre [1], nous les considérons comme définitives et attendons leur vérification.

Bien entendu, ces modifications de la tension superficielle ne sont pas très accentuées, mais on ne peut pas les nier. Et s'il faut discuter la question de l'efficacité d'une si petite diminution de la tension superficielle, le champ est alors ouvert pour une discussion et pour les éclaircissements voulus.

Le fait existe : l'hyposulfite s'oppose à l'augmentation de la tension superficielle que provoque la dilution du sérum avec de l'eau distillée ou le sérum physiologique. Il s'y oppose d'une façon nette et assez accentuée ; il peut donc agir dans le sens antifloculant.

Cela ne préjuge rien, ainsi que nous l'avons souligné dès le début de cette discussion, au sujet de la possibilité d'une intervention éventuelle d'autres facteurs, tels la charge électrique, pression osmotique, viscosité, etc., ou des facteurs nouveaux, inconnus aujourd'hui.

Si l'on ne perd pas de vue le fait que les substances les plus diverses au point de vue chimique agissent dans le sens de suppression de phénomènes du choc par contact et en même temps toutes ces substances diminuent fortement la tension superficielle du sérum, le rôle de cette tension superficielle apparaît indiscutable. Et, *a priori*, ce rôle a été maintes fois prouvé dans les réactions colloïdales de floculation.

A moins d'avoir des bases expérimentales solides, on ne peut donc pas nier l'influence capitale jouée dans la suppression du choc par ce facteur.

---

(1) W. Kopaczewski, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 723; *La Nature*, 7 mai 1921; *Archives de Physique biologique*, t. 1, 1921.

Tout récemment M. Lumière (¹) déclare que le même sel (l'hyposulfite de soude) « *permet d'éviter le choc barytique, alors qu'il ne dissout nullement le sulfate de baryte. Nous avons observé en outre que l'hyposulfite de sodium n'exerce son effet empêchant que si les accidents de choc sont précoces, de sorte que de nouvelles recherches doivent être faites avant que l'on puisse en préconiser l'emploi, d'autant plus que nous ne sommes pas certains qu'il n'exerce pas une action sur les propriétés des médicaments injectés. D'ailleurs on trouvera peut-être, par la suite, d'autres produits jouant le même rôle.* »

Ainsi M. A. Lumière remet lui-même en question le fait de la suppression des phénomènes du choc par l'hyposulfite de soude, constate l'irrégularité de cette suppression et apporte des restrictions concernant l'emploi de ce sel.

Les mesures que nous donnons permettent de constater que *l'hyposulfite empêche l'augmentation de la tension superficielle du sérum produite par son mélange avec l'eau distillée ou la solution physiologique et qu'il diminue, en plus, cette constance du sérum.*

Ainsi, *sans rien préjuger de l'importance d'autres facteurs, qui peuvent jouer dans la suppression du choc un rôle important, la valeur de l'abaissement de la tension superficielle, parfaitement sûre dans toutes les réactions colloïdales, ne doit pas être méconnue dans les phénomènes du choc par contact en se basant sur la suppression, problématique d'ailleurs, du choc par l'hyposulfite de soude. D'autant plus que cet abaissement est en parfait accord avec des faits nombreux* (²) *de suppression de ces phénomènes par des substances les plus variées, mais ayant, toutes, la propriété nette de diminuer la tension superficielle.*

PHYSIOLOGIE. — *Modification de la chronaxie des nerfs moteurs et des muscles par répercussion réflexe.* Note (³) de M. **Georges Bourguignon**, transmise par M. d'Arsonval.

Dans une Note présentée à l'Académie le 30 mai 1921, j'ai montré les variations pathologiques de la « chronaxie » dans la dégénérescence wallérienne neuromusculaire chez l'homme. J'ai rappelé ce qu'est la caractéristique d'excitabilité

(¹) A. Lumière, *Rôle des colloïdes chez les êtres vivants*, Paris, juillet 1921, p. 110 (souligné par nous).

(²) Kofaczewski, *Annales de Médecine*, 1920-1921.

(³) Séance du 22 août 1921.

désignée par L. Lapicque sous le nom de *chronaxie*, ainsi que la technique que j'emploie pour la déterminer chez l'homme à l'aide des décharges de condensateurs [1].

En étudiant la chronaxie des nerfs et muscles sains du même côté que le nerf blessé et du côté opposé, j'ai vu que la lésion d'un nerf quelconque agit par « répercussion » sur la chronaxie de ceux des muscles sains du même côté et du côté opposé qui ont la même chronaxie que le nerf blessé. Il y a répercussion entre les muscles et les nerfs de deux membres symétriques, mais je n'en ai pas observé des membres supérieurs sur les membres inférieurs et *vice versa*.

Ainsi chez un blessé de guerre ayant le nerf cubital sectionné d'un côté, la chronaxie se modifie dans le domaine du nerf médian du même côté et du médian et du cubital du côté opposé.

La chronaxie est la même, de $0^s,00030$ dans tout le domaine de ces deux nerfs. Au contraire, la chronaxie reste normale dans le domaine de nerfs de chronaxie différente, tel que le musculo-cutané et le circonflexe ($0^s,00010$ pour tout le domaine de ces deux nerfs).

Ces faits ont été relatés dans le pli cacheté que j'ai déposé à l'Académie des Sciences le 9 octobre 1916 et qui a été ouvert le 7 mai 1921.

Depuis le dépôt de ce pli cacheté, j'ai observé de nouveaux faits qui précisent les lois de ces répercussions.

I. J'ai vu en effet que la répercussion, quelque temps après avoir atteint les nerfs et muscles de même chronaxie que le nerf blessé s'étend aux antagonistes dont la chronaxie est différente, mais voisine.

Les répercussions apparaissent pendant que la lésion du nerf malade ou blessé est en activité; elles disparaissent quand la lésion est définitivement organisée. Ainsi, chez de nombreux blessés de guerre, qui réalisaient de véritables expériences, les répercussions, dans le cas de section d'un nerf, existaient tant que le névrome se formait. Quand, au bout de plusieurs mois, le névrome était définitivement organisé, la répercussion disparaissait et la chronaxie revenait à sa valeur normale dans les muscles et nerfs qui étaient le siège de la répercussion ; mais, si le chirurgien intervenait, réséquait le névrome et suturait le nerf, la répercussion reparaissait et durait autant que le processus de régénération du nerf et des muscles.

II. Dans les répercussions, la chronaxie varie inégalement sur le nerf, au point moteur du muscle, et par excitation longitudinale (excitation directe des fibres musculaires en plaçant l'électrode active à l'union du muscle et du tendon). Sur le nerf, elle reste normale ou augmente légèrement (1 fois et demie à 3 fois la normale). Au point moteur, tantôt elle diminue ($\frac{1}{2}$ ou $\frac{1}{3}$ de la normale), tantôt elle augmente un peu plus que sur le nerf

---

[1] G. Bourguignon, *Société de Biologie*, 30 avril 1921.

(2 à 10 fois la normale). Par excitation longitudinale, on trouve la chronaxie plus augmentée qu'au point moteur et sur le nerf. La répercussion produit donc des modifications de la chronaxie moins importantes que la dégénérescence, mais analogues à celles de la dégénérescence partielle. Il n'y a pas de différence entre une répercussion et un début de dégénérescence. Il me paraît d'ailleurs, d'après quelques faits, que la dégénérescence wallérienne produit au début une diminution de la chronaxie du point moteur, mais cette phase est de courte durée et échappe le souvent à l'observation.

Dans quelques cas exceptionnels, la répercussion peut aller jusqu'à la réaction de dégénérescence caractérisée (contraction lente et chronaxie très grande), comme il en a été publié quelques exemples par différents auteurs pendant la guerre. Ces faits ne sont que des cas extrêmes, exceptionnels, de la loi générale de la répercussion, qui est constante. De même, l'ophtalmie sympathique me paraît n'être qu'un cas particulier de cette même loi.

III. Il n'est pas nécessaire, pour qu'il y ait répercussion, que la lésion siège sur le nerf mixte. On sait depuis longtemps que la lésion d'une articulation produit l'atrophie des muscles qui la meuvent. C'est ce que, depuis Charcot, on appelle *atrophie réflexe*. Or, d'après mes recherches dans l'atrophie réflexe, la chronaxie se modifie de la même manière et prend des valeurs du même ordre de grandeur que dans les répercussions.

J'ai même vu, chez les blessés de guerre, des atrophies musculaires avec modification de la chronaxie analogue, dans des cas de lésions osseuses. Ainsi, chez un blessé dont le quatrième métacarpien avait été fracturé par une balle, la chronaxie était altérée dans le troisième et le quatrième interosseux dorsaux, muscles insérés sur l'os qui avait été fracturé, alors que les autres interosseux dorsaux et tous les muscles de la main avaient leur chronaxie normale.

Conclusions. — Tous ces faits sont du même ordre. Ils montrent qu'il faut considérer, à côté des lésions directes du nerf moteur produisant la dégénérescence des muscles innervés, des modifications d'excitabilité par voie réflexe : le point de départ de ce réflexe peut siéger sur le trajet du nerf mixte lésé ou seulement sur les filets sensitifs qui innervent un organe malade en rapport fonctionnel avec le muscle (os ou articulation).

A côté des altérations pathologiques de l'excitabilité à distribution périphérique (lésion d'un nerf) ou à distribution radiculaire (lésions des racines rachidiennes) il faut faire une place aux altérations régionales dont le

mécanisme est à mécanisme réflexe. Le terme réflexe en pathologie doit donc prendre une signification beaucoup plus extensive que celle qu'on lui a donné jusqu'à présent.

La répercussion de la lésion d'un nerf sur le nerf symétrique, fait comprendre le caractère généralement symétrique de toutes les maladies du système nerveux.

La séance est levée à 15 heures trois quarts.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 16 août 1921.)

Note de M. *Ed. van Aubel*, Influence de la température sur la viscosité des liquides normaux :

Page 385, ligne 12, *au lieu de* n, *lire* η.
Page 386, ligne 10 en remontant, *au lieu de* Heyweiller, *lire* Heydweiller.
Page 387, ligne 23, *au lieu de* 506,2, *lire* 506,8.